

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
23. Mai 2002 (23.05.2002)

PCT

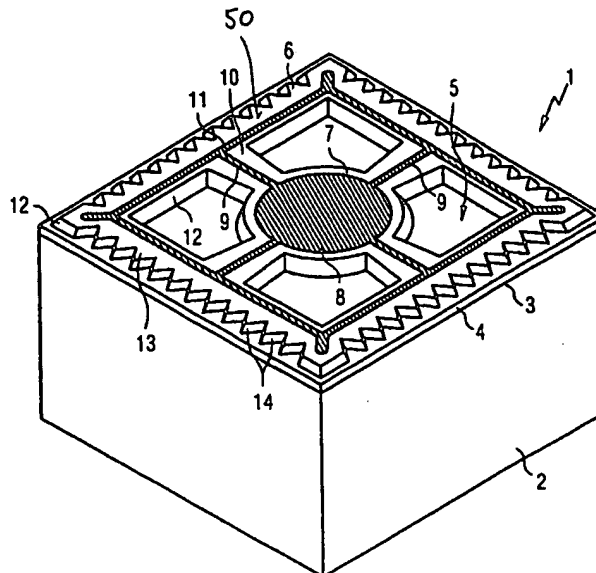
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 02/41410 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H01L 33/00 (72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): WIRTH, Ralph  
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/04264 [DE/DE]; Augustenstrasse 13, 93049 Regensburg (DE).  
(22) Internationales Anmeldedatum: 14. November 2001 (14.11.2001) (74) Anwalt: EPPING HERMANN & FISCHER; Ridler-  
strasse 55, 80339 München (DE).  
(25) Einreichungssprache: Deutsch (81) Bestimmungsstaaten (national): CA, CN, JP, KR, US.  
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,  
NL, PT, SE, TR).  
(30) Angaben zur Priorität: 100 56 292.2 14. November 2000 (14.11.2000) DE  
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH &  
CO. OHG [DE/DE]; Wernerwerkstr. 2, 93049 Regensburg (DE).  
Veröffentlicht:  
— mit internationalem Recherchenbericht  
— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden  
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen  
eintreffen

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: LUMINESCENT DIODE WITH HIGH DECOUPLING EFFICIENCY

(54) Bezeichnung: LUMINESZENZDIODE MIT HOHER AUSKOPPELEFFIZIENZ



(57) Abstract: A luminescent diode (1) comprises a window layer (4) with sawtooth shaped decoupling steps arranged above an active layer (3). Boundary lines (11) run above the decoupling steps (6) by means of which the current is injected into the active layer (3). The luminescent diode (1) is characterised in having a high decoupling efficiency.

(57) Zusammenfassung: Eine Lumineszenzdiode (1) weist oberhalb einer aktiven Schicht (3) eine Fensterschicht (4) mit sägezahn-  
förmig profilierten Auskoppelstegen (6) auf. Oberhalb der Auskoppelstege (6) verlaufen Randleitungen (11), durch die der Strom in  
die aktive Schicht (3) injiziert wird. Die Lumineszenzdiode (1) zeichnet sich durch eine besonders hohe Auskoppel-effizienz aus.

WO 02/41410 A1



*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

## Beschreibung

## LUMINESZENZDIODE MIT HOHER AUSKOPPELEFFIZIENZ

5 Die Erfindung betrifft eine Lumineszenzdiode mit einer Photonen emittierenden aktiven Schicht und einer zumindest für einen Teil der emittierten Photonen durchlässigen Fensterschicht, auf der mindestens ein Kontakt zur Stromeinspeisung in die aktive Schicht ausgebildet ist.

10

Eine derartige Lumineszenzdiode ist aus der US 52 33 204 A bekannt. Die bekannte Lumineszenzdiode weist einen Licht erzeugenden Bereich auf, der auf einem absorbierenden Substrat angeordnet ist. Oberhalb des Licht erzeugenden Bereichs ist  
15 eine Fensterschicht angeordnet, deren Dicke so gewählt ist, daß an einer Oberseite der Fensterschicht totalreflektierte Lichtstrahlen nicht zum Substrat gelenkt werden, sondern auf eine Seitenfläche der Fensterschicht treffen und dort aus der Fensterschicht austreten können. Die Fensterschicht hat da-  
20 rüber hinaus die Aufgabe, den über eine Kontaktstelle in die Fensterschicht eingespeisten Strom gleichmäßig über den aktiven Bereich hinweg zu verteilen.

Ein Nachteil der bekannten Lumineszenzdiode ist, daß unmittelbar unter der Kontaktstelle im aktiven Bereich erzeugtes  
25 Licht nicht ohne weiteres entweichen kann. Insbesondere die in Richtung auf die Kontaktstelle von dem aktiven Bereich ausgehenden Lichtstrahlen werden von der Kontaktstelle größtenteils in das absorbierende Substrat zurückreflektiert.

30

Es wurde daher in der EP 0 544 512 A vorgeschlagen, auf die Fensterschicht zu verzichten und statt dessen baumartige strukturierte Leiterbahnen auf der Oberfläche der Leuchtdiode vorzusehen. Die Besonderheit dabei ist, daß die Leiterbahnen  
35 bis auf die Spitzen der Leiterbahnzweige von der darunterliegenden Schicht elektrisch isoliert sind. Der Strom wird daher nur punktförmig in die darunterliegenden, Licht erzeugenden

Schichten eingespeist. Diese Stellen sind jedoch gleichmäßig über die Oberfläche der Lumineszenzdiode hinweg verteilt. Zur Steigerung der Lichtausbeute wird ferner vorgeschlagen, in der Nähe der Licht emittierenden Punkte abgeschrägte Licht-

5 austrittsflächen vorzusehen, so daß das erzeugte Licht nach einer kurzen Wegstrecke in der Lumineszenzdiode aus dieser austreten kann. Die abgeschrägten Lichtaustrittsflächen werden durch eine mesaförmige Ausgestaltung der unter der Leiterbahn liegenden Schichten bewerkstelligt. Bei diesen

10 Schichten handelt es sich um die zur Ausbildung einer doppelten Heterostruktur erforderlichen, dotierten Abdeckschichten, zwischen denen eine undotierte Licht emittierende Schicht angeordnet ist. Durch eine derartige Anordnung konnte die Lichtausbeute im Vergleich zum damaligen Stand der Technik um

15 einen Faktor 1,5 gesteigert werden.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Lumineszenzdiode mit weiter verbesserter Lichtausbeute zu schaffen.

20

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Lumineszenzdiode mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 gelöst.

Ein wesentliches Merkmal der Erfindung besteht darin, daß der

25 Kontakt von einer Leiterbahn gebildet wird, die auf einer vorzugsweise entlang der Leiterbahn langgestreckten Erhebung der Fensterschicht angeordnet ist, von der eine Seitenfläche mit sich quer zur Leiterbahn erstreckenden Vorsprüngen profiliert ist.

30

Durch die Ausbildung des Kontakts als Leiterbahn wird der Strom in die aktive Schicht nicht nur punktförmig, sondern über eine größere langgestreckte Fläche in die aktive Schicht injiziert. Ein wesentlicher Teil der in der aktiven Schicht

35 erzeugten Photonen können die Lumineszenzdiode über die Seitenfläche der Erhebung der Fensterschicht verlassen. Dies gilt auch für einen Großteil von solchen Photonen, deren Bah-

- nen in der Fensterschicht nahezu längs der Leiterbahn und damit längs der Erstreckungsrichtung der Erhebung verlaufen und bei einer nicht profilierten Fensterschicht an deren äußeren Grenzfläche totalreflektiert werden würden. Denn durch die
- 5 Profilierung der Seitenfläche mit sich quer zur Leiterbahn erstreckenden Vorsprüngen, treffen auch diese Photonen auf einen Abschnitt der Seitenfläche unter einem Winkel, der kleiner als der Winkel für die Totalreflexion ist. Daher gehen diese Photonen nicht verloren, sondern tragen zur Steigerung der Lichtausbeute bei. In einem Experiment ergab sich eine Erhöhung der Lichtausbeute gegenüber den aus dem Stand der Technik bekannten Lumineszenzdiode mit einfacher Fensterschicht etwa um den Faktor 2.
- 10
- 15 Bei einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind die Vorsprünge pyramidenstumpfförmig ausgebildet, bei denen die von deren Seitenflächen eingeschlossenen Winkel derart gewählt sind, dass in ihnen verlaufende Photonentrajektorien nach jedem Auftreffen auf die Flanken eines Vorsprunges in einem einen
- 20 spitzen Winkel auf die nachfolgend erreichte Flanke auftreffen, und zwar so oft bis der Grenzwinkel der Totalreflexion unterschritten wird und das Photon aus der Fensterschicht austritt.
- 25 Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Nachfolgend wird die Erfindung im einzelnen anhand der beigefügten Zeichnung erläutert. Es zeigen:

30

Figur 1 eine schematische Darstellung einer perspektivischen Ansicht einer Lumineszenzdiode, die Leiterbahnzüge auf einer Fensterschicht mit sägezahnförmig profilierten Seitenflächen aufweist;

35

- Figur 2 eine schematische Darstellung einer vergrößerten Darstellung der Profilierung der Seitenflächen der Lumineszenzdiode aus Figur 1;
- 5 Figur 3 eine schematische Darstellung einer Aufsicht auf die Lumineszenzdiode aus Figur 1;
- Figur 4 eine schematische Darstellung eines Querschnitts durch die Lumineszenzdiode aus Figur 3 entlang der Schnittlinie IV-IV;
- 10
- Figur 5 ein Diagramm, das die Lichterzeugung in der aktiven Schicht entlang der Schnittlinie IV-IV schematisch zeigt;
- 15
- Figur 6 eine schematische Darstellung eines Querschnitts durch eine herkömmliche Lumineszenzdiode mit einer auf einem Substrat aufgebrachten aktiven Schicht, auf der eine zusätzliche Fensterschicht angeordnet ist;
- 20
- Figur 7 ein Diagramm, das die Lichterzeugung in der aktiven Schicht über den Querschnitt aus Figur 6 hinweg schematisch zeigt;
- 25
- Figur 8 eine schematische Darstellung eines Querschnitts durch eine Lumineszenzdiode, deren aktive Schicht strukturiert ist und die eine zentrale Kontaktstelle aufweist;
- 30
- Figur 9 ein Diagramm, das die Lichterzeugung in der aktiven Schicht der Lumineszenzdiode aus Figur 8 schematisch darstellt;
- 35
- Figur 10 eine schematische Darstellung eines Querschnitts durch eine Lumineszenzdiode mit unstrukturierter Fensterschicht, deren Leiterbahnen entsprechend den

Leiterbahnen der Leuchtdiode aus Figur 1 ausgebildet sind;

5       Figur 11 ein Diagramm, das die Lichterzeugung in der aktiven Schicht der Lumineszenzdiode aus Figur 10 schematisch zeigt; und

10       Figur 12 eine schematische Darstellung einer Aufsicht auf eine abgewandelte Form der Lumineszenzdiode gemäß der Erfindung.

Die Lumineszenzdiode 1 der Figuren 1 und 3 weist ein Substrat 2 auf, auf dem eine photonemittierende aktive Schicht 3 aufgebracht ist. Eine solche aktive Schicht 3 kann aus einer  
15       einzigen Schicht bestehen oder eine Schichtenfolge mit einer Mehrzahl von Einzelschichten sein.

Oberhalb der aktiven Schicht 3 befindet sich eine Fensterschicht 4, die auf einer Oberseite 5 eine Erhöhung in Form  
20       eines umlaufenden Randsteges 6, der hier einen Auskoppelsteg darstellt, aufweist. In der Mitte der Oberseite 5 befindet sich auf einer zentralen Erhöhung 7 eine Kontaktstelle 8, die gegenüber der Fensterschicht 4 elektrisch isoliert ist. Über Verbindungsleitungen 9, die zwischen der zentralen Erhöhung 7  
25       und dem Randsteg 6 wiederum auf von Erhöhungen der Fensterschicht 4 gebildeten Verbindungsstegen 10 verlaufen, ist die Kontaktstelle 8 mit einer Randleitung 11, die sich auf dem Randsteg 6 befindet verbunden. Auch die Verbindungsleitungen 9 sind gegenüber der Fensterschicht 4 elektrisch isoliert.  
30       Der Strom gelangt daher zumindest im Wesentlichen nur über die Randleitung 11 in die aktive Schicht 3.

Der Randsteg 6 weist eine die Oberseite 5 der Fensterschicht 4 mit der Oberseite 50 des Randsteges 6 verbindende Seitenfläche 12 auf, die sägezahnartig mit sich quer zur Erstreckungsrichtung der Randleitung 11 erstreckenden Vorsprüngen 13  
35       profiliert sind. Die Vorsprünge 13 sind pyramidenstumpfförmig



ausgebildet und weisen zumindest teilweise schräg zur Oberseite 5 stehende Flanken 14 auf.

In Figur 2 ist einer der Vorsprünge 13 vergrößert dargestellt. Die Neigung der Flanken 14 ist so gewählt, daß der Winkel  $\varphi$  zwischen einer Normalen 15 einer Flanke 14 und einer Normalen 16 der aktiven Schicht 3 kleiner  $88^\circ$  und größer  $45^\circ$  ist. Die Winkel  $\alpha$  (= der von einer ersten Flanke des Vorsprungs 13 mit der Erstreckungsrichtung der Randleitung 11 eingeschlossene Winkel),  $\beta$  (= der von einer zweiten Flanke des Vorsprungs 13 mit der Erstreckungsrichtung der Randleitung 11 eingeschlossene Winkel),  $\gamma$  (= der von der ersten Flanke und der zweiten Flanke des Vorsprungs 13 eingeschlossene Winkel) sind vorzugsweise so gewählt, daß einer dieser Winkel kleiner  $10^\circ$  ist. Außerdem sollte keiner der Winkel gleich  $45^\circ$  oder gleich  $60^\circ$  sein, da in diesen hochsymmetrischen Fällen die Auskoppelleffizienz sinkt. Ferner ist es von Vorteil, wenn für das Verhältnis  $V$  der Breite  $b$  von Engstellen 17 des Randsteges 16 zu der Höhe des Randsteges 6 gilt:

0,1 <  $V$  < 10, vorzugsweise 1 <  $V$  < 3.

Figur 4 zeigt einen Querschnitt entlang der in Figur 3 eingezeichneten Schnittlinie IV-IV. Figur 5 zeigt die Lichterzeugungsrate entlang der Schnittlinie IV-IV. Unter Lichterzeugung ist dabei die Rate der in der aktiven Schicht 3 erzeugten Photonen zu verstehen, welche im wesentlichen die Stromdichte und damit die besonderen Eigenschaften der jeweiligen Strominjektion widerspiegelt.

Man erkennt, daß die Lichterzeugungsrate unmittelbar unter der Kontaktstelle 8 verschwindend gering ist. Dementsprechend weist die Lichterzeugungsrate dort ein Minimum 18 auf. Im Bereich des Randsteges 6 weist die Lichterzeugungsrate jedoch Maxima 19 auf, da dort der Strom von der Randleitung 11, die im Gegensatz zu der Kontaktstelle 8 und den Verbindungsleitungen 9 nicht gegenüber der Fensterschicht elektrisch isoliert ist, in die Fensterschicht 4 injiziert wird. Für eine

effiziente Lichtauskopplung ist von Bedeutung, daß sich der profilierte Randsteg 6 in unmittelbarer Nähe der Maxima 19 der Lichterzeugungsrate befinden. Denn die Kombination von lokaler Strominjektion und Strukturierung auf der Oberseite der Fensterschicht 4 führt zu einer hohen Lichtausbeute. Dies sei im folgenden anhand der in den Figuren 6 bis 11 dargestellten Vergleichsbeispiele näher erläutert.

Bei folgenden Untersuchungen wurde eine Grundfläche der Lumineszenzdioden von 300 Mikrometer x 300 Mikrometer und ein absorbierendes Substrat verwendet. Die Dicke der aktiven Schicht war 200 nm und ein Absorptionskoeffizient lag bei 10.000/cm. Die Dicke der Fensterschicht war 10 Mikrometer, die Reflektivität der Kontakte lag bei 30%, der Brechungsindex der aktiven Schicht war bei 3,2, im übrigen innerhalb des Halbleiterchips bei 3,5. Der Brechungsindex des umgebenden Mediums war bei 1,5.

#### Vergleichsbeispiel 1:

Betrachtet sei die in Figur 6 dargestellte würfelförmige Lumineszenzdiode 20. Diese Lumineszenzdiode 20 weist ein Substrat 21 auf, auf dem eine aktive Schicht 22 ausgebildet ist, die von einer Fensterschicht 23 abgedeckt ist. Auf der Fensterschicht 23 befindet sich ferner eine zentrale Kontaktstelle 24, die gegenüber der Fensterschicht 23 nicht elektrisch isoliert ist. Bei einer solchen Lumineszenzdiode ergibt sich die in Figur 7 dargestellte Verteilungskurve 25 der Lichterzeugungsrate.

Ein Vergleich der Figuren 6 und 7 zeigt, daß die maximale Lichterzeugung unmittelbar unter der zentralen Kontaktstelle 24 stattfindet. Ein Großteil der dort erzeugten Photonen wird jedoch entweder unmittelbar an der Grenzfläche zur Kontaktstelle 24 absorbiert oder von der Kontaktstelle 24 in das absorbierende Substrat 21 zurückreflektiert. Dementsprechend werden bei dieser Lumineszenzdiode 20 nur etwa 5% der erzeug-

ten Photonen aus der Lumineszenzdiode 20 ausgekoppelt. Das Verhältnis von austretenden Photonen zu der Zahl der erzeugten Photonen wird nachfolgend kurz als Auskoppelleffizienz bezeichnet. Im folgenden wird zum relativen Vergleich die Effizienz der Lumineszenzdiode 20 auf 100% gesetzt.

#### Vergleichsbeispiel 2:

In Figur 8 ist der Querschnitt einer weiteren Lumineszenzdiode 26 dargestellt, deren Fensterschicht 27 entsprechend der Fensterschicht 4 der Lumineszenzdiode 1 strukturiert ist. Auch bei der Lumineszenzdiode 26 erfolgt die Strominjektion in die aktive Schicht 22 über die zentrale Kontaktstelle 24.

Dadurch ergibt sich die in Figur 9 dargestellte unter der Kontaktstelle 24 konzentrierte Verteilung 28 der Lichterzeugungsrate.

Die Lichterzeugung findet auch bei dieser Lumineszenzdiode 26 hauptsächlich unmittelbar unter der Kontaktstelle 24 statt. Auf die Auskoppelleffizienz der Lumineszenzdiode 20 bezogen, weist die Lumineszenzdiode 26 eine um 50% erhöhte Auskoppelleffizienz, das heißt 150% auf. Dies ist für sich genommen bereits bemerkenswert, da auch bei der Verteilungskurve 25 die Lichterzeugung keinesfalls unmittelbar unter dem Randsteg 29 konzentriert ist, der dem Randsteg 6 der Lumineszenzdiode 1 entspricht. Diese Untersuchung belegt daher bereits die vorteilhafte Wirkung eines am Rand der Lumineszenzdiode 1 vorgesehenen, sägezahnförmig profilierten Randsteges 6.

#### Vergleichsbeispiel 3:

Hierbei wurde, wie in Figur 10 dargestellt, eine Lumineszenzdiode 30 verwendet, bei der eine Fensterschicht 23, wie bei der Lumineszenzdiode 20, unstrukturiert ist. Die Lumineszenzdiode 30 verfügt jedoch über eine Randleitung 31 und Verbindungsleitungen 32 sowie über eine zentrale Kontaktstelle 33,

die genauso wie die Randleitungen 11, die Verbindungsleitungen 9 und die Kontaktstelle 8 der Lumineszenzdiode 1 ausgebildet sind. Insbesondere sind die Kontaktstelle 33 und die Verbindungsleitungen 32 von der Fensterschicht 23 elektrisch isoliert.

Damit ergibt sich die in Figur 11 dargestellte Verteilungskurve 34 der Lichterzeugungsrate, die unter der Randleitung 33 ein Maximum 35 aufweist. Aufgrund der Stromaufweitungsfunktion der Fensterschicht 23 fließt dennoch ein Teil des in die aktive Schicht 22 injizierten Stroms in den Bereich unterhalb der zentralen Kontaktstelle 33. Daher findet auch im Minimum 36 der Verteilungskurve 34 noch Lichterzeugung statt. Auf die Auskoppel-effizienz der Lumineszenzdiode 20 bezogen, weist die Lumineszenzdiode 30 eine um 40% erhöhte Auskoppel-effizienz, das heißt 140% auf.

#### Ausführungsbeispiel:

Die Untersuchung für das anhand der Figuren 1 bis 4 beschriebene Ausführungsbeispiel ergab folgendes:

Durch den Randsteg 6 wird die Lichterzeugung zusätzlich konzentriert, so daß die Lichterzeugungsrate im Minimum nahezu auf Null zurückgeht. Außerdem befindet sich der profilierte Randsteg 6 unmittelbar in der Nähe der Maxima 19 der Lichterzeugungsrate, so daß das erzeugte Licht zu einem großen Teil nach sehr kurzen Weglängen im Chip ausgekoppelt wird.

Für die Lumineszenzdiode 1 ergab die Untersuchung eine auf die Auskoppel-effizienz der Lumineszenzdiode 20 bezogene Erhöhung der Auskoppel-effizienz von 175%, als eine Auskoppel-effizienz von 275%. Es zeigt sich also, daß die gezielte Injektion des Stromes unter dem profilierten Randsteg 6 ein Gewinn an Auskoppel-effizienz zur Folge hat, der weit über denjenigen Gewinn hinausgeht, der aus der Kombination der Einzelmaßnahmen zu erwarten wäre.

Zu dem hohen Gewinn an Auskoppelleffizienz trägt auch die pyramidenstumpffartige Ausgestaltung der Vorsprünge 13 bei. Durch die genannte Wahl der Winkel  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  wird der Einfallswinkel der Photonen mit jeder Reflexion an einer Flanke kleiner und unterschreitet schließlich den Grenzwinkel für die Totalreflexion, so daß die Photonen aus der Lumineszenzdiode 1 austreten können. Darüber hinaus gewährleistet der Neigungswinkel der Flanken 14, daß die zunächst von der aktiven Schicht 3 nach oben verlaufenden Photonen mit jeder Reflexion flacher verlaufen, so daß sie schließlich seitlich aus den Randstegen 6 austreten können.

Es sei angemerkt, daß es sich bei den Vorsprüngen 13 auch um Prismen mit dreieckiger Grundfläche handeln kann, wenn sich die Randstege bis in die aktive Zone erstrecken.

In Figur 12 ist schließlich ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Lumineszenzdiode 37 dargestellt, die zusätzlich zum Randsteg 6 weitere Auskoppelstege in Form von Zwischenstegen 38 aufweist, die jeweils mit Vorsprüngen 13 profiliert sind, und auf denen Zwischenleitungen 39 verlaufen. Außerdem befindet sich bei dieser Lumineszenzdiode 37 eine Kontaktstelle 40 nicht mittig auf, sondern am Rand der Lumineszenzdiode 37.

Abschließend sei als besonderer Vorteil der Lumineszenzdioden 1 und 30 hervorgehoben, daß deren flächenmäßige Ausdehnung nahezu beliebig groß gewählt werden kann, da eine Vergrößerung der flächenmäßigen Ausdehnung keine entsprechende Skalierung der Schichtdicke der Fensterschicht 4 erzwingt. Dieser Vorteil der Erfindung hält die Herstellung von großflächigen Chips mit Fensterschicht hinsichtlich des technischen Aufwandes in einem vertretbaren Rahmen.

Die erfindungsgemäßen Strukturen einer Lumineszenzdiode, insbesondere die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele, eignen sich vorzugsweise für Lumineszenzdiodenstrukturen mit einer strahlungsemittierenden Schicht auf der Basis von GaP, wie

InGaP, InGaAlP, GaAlP und GaP selbst, insbesondere mit einer strahlungsemittierenden Schicht, die eine aktive Zone auf der Basis von GaP, wie InGaP, InGaAlP, GaAlP und GaP aufweist. Derartige Lumineszenzstrukturen sind bekannt und werden von  
5 daher an dieser Stelle nicht näher erläutert.

## Patentansprüche

1. Lumineszenzdiode mit einer Photonen emittierenden aktiven Schicht (3) und einer zumindest für einen Teil der emittierten Photonen transparenten Fensterschicht (4), auf der ein elektrischer Kontakt zur Stromeinspeisung in die aktive Schicht (3) ausgebildet ist,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Fensterschicht einen langgestreckten Auskoppelsteg (6) aufweist, auf dem eine langgestreckte Kontaktleitung (11,19) ausgebildet ist und der Auskoppelsteg mindestens eine längs zur Kontaktleitung (11,19) verlaufende Seitenfläche (12) aufweist, die mit sich quer zur Kontaktleitung (11,19) erstreckenden Vorsprüngen (13) profiliert ist.
2. Lumineszenzdiode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorsprünge (13) spitz zulaufen.
3. Lumineszenzdiode nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorsprünge (13) eine dreieckige Grundfläche aufweisen.
4. Lumineszenzdiode nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorsprünge (13) ein sägezahnartiges Profil an der Seitenfläche (12) ausbilden.
5. Lumineszenzdiode nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein Scheitelwinkel  $\gamma$  der spitz zulaufenden Vorsprünge (13) in der Spitze kleiner  $10^\circ$  ist.
6. Lumineszenzdiode nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Winkel zwischen einer Flächennormalen (15) zumindest teilweise die Seitenfläche bildenden Flanken (14) der Vor-

sprünge (13) zu einer Flächennormalen (16) der aktiven Schicht (3) zwischen  $45^\circ$  und  $88^\circ$  liegt.

7. Lumineszenzdiode nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
sich die Seitenfläche (12) in die aktive Schicht (3) hinein  
fortsetzen.
8. Lumineszenzdiode nach Anspruch 7,  
10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
die Vorsprünge (13) prismenartig ausgebildet sind.
9. Lumineszenzdiode nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
15 das Verhältnis von Höhe zu Breite einer Engstelle (17) des  
profilierten Auskoppelstegs (6) der Fensterschicht größer 0,1  
und kleiner 10 ist.
10. Lumineszenzdiode nach Anspruch 9,  
20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
das Verhältnis zwischen einschließlich 1 und einschließlich 3  
liegt.
11. Lumineszenzdiode nach einem der Ansprüche 1 bis 10,  
25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
die Kontaktleitung (11,39) als entlang dem Rand der Lumines-  
zenzdiode umlaufende Leiterbahn ausgebildet ist.
12. Lumineszenzdiode nach einem der vorhergehenden Ansprü-  
30 che,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
die Kontaktleitung (11,39) durch mindestens eine gegenüber  
der Fensterschicht (4) elektrisch isolierte Verbindungslei-  
tung (9) mit einer Kontakstelle (8) verbunden ist.
- 35 13. Lumineszenzdiode nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß



die eine bzw. die Kontaktstelle (8) gegenüber der Fensterschicht (4) elektrisch isoliert ist.

14. Lumineszenzdiode nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
der Auskoppelsteg (6) von einer Erhöhung der Fensterschicht  
(4) gebildet ist.

FIG 1

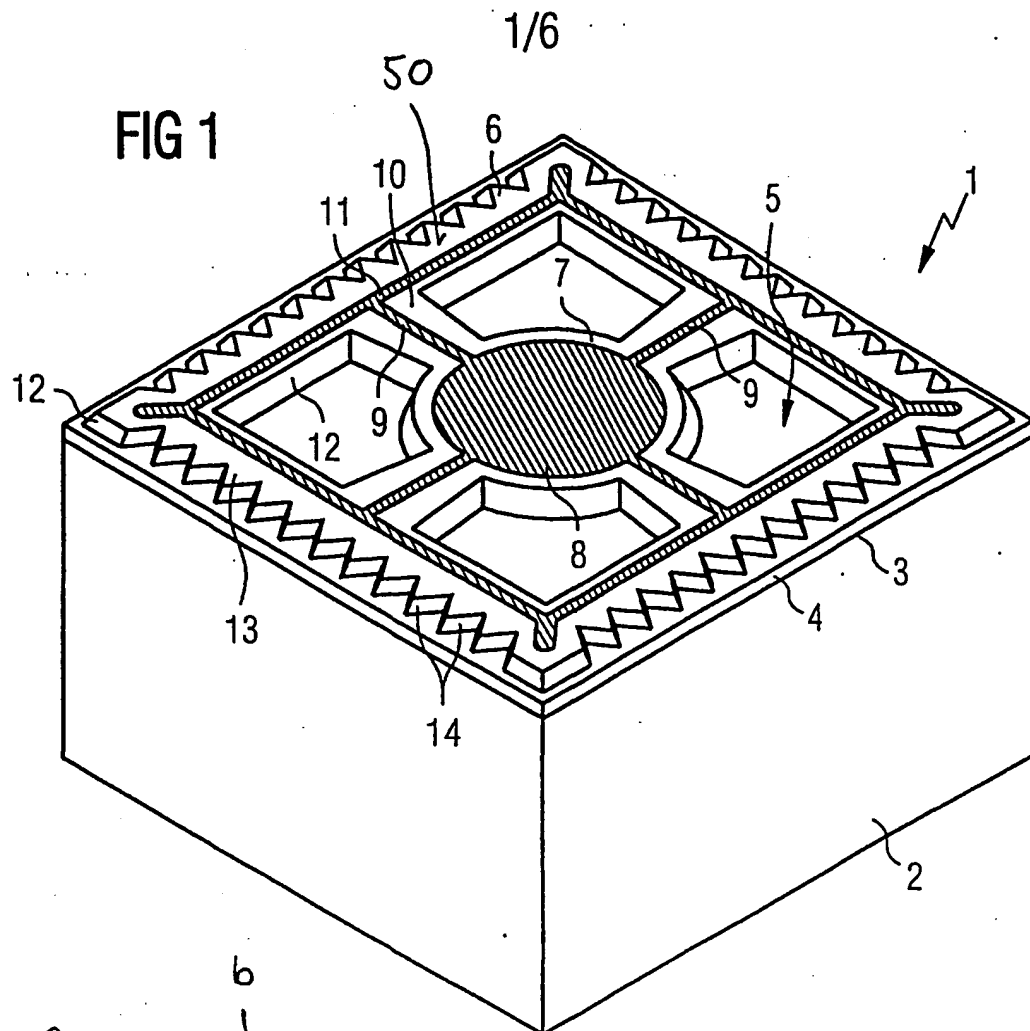
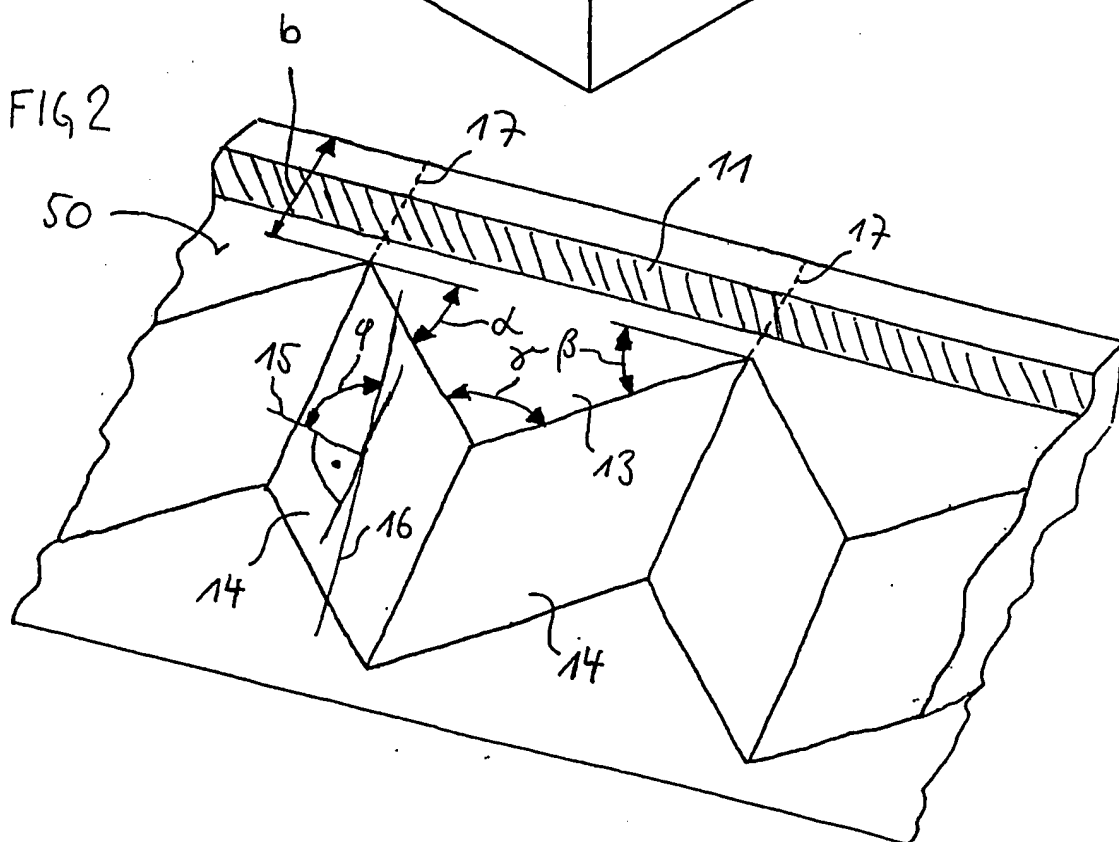


FIG 2



2/6

FIG 3

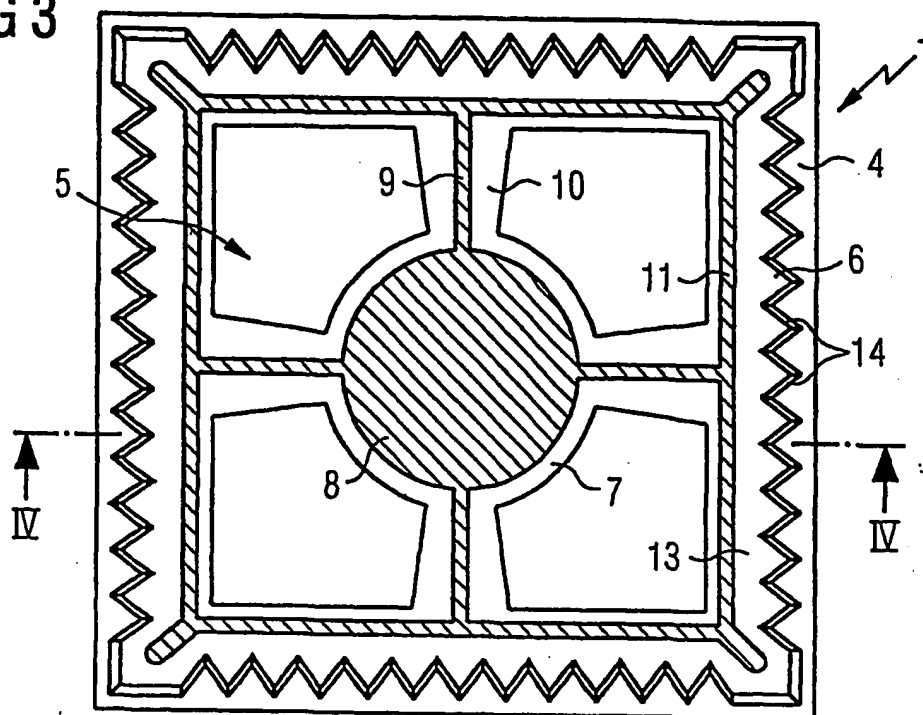


FIG 4

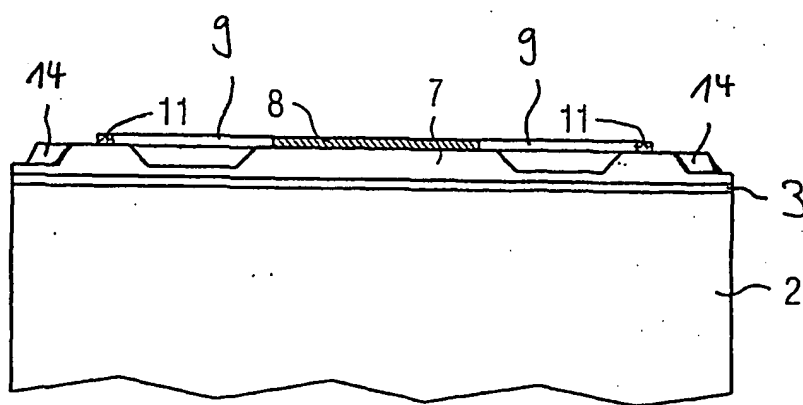
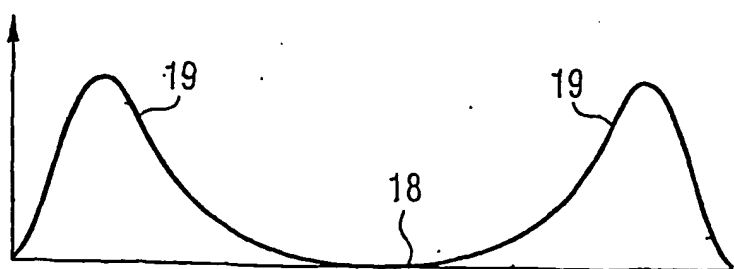


FIG 5



3/6

FIG 6

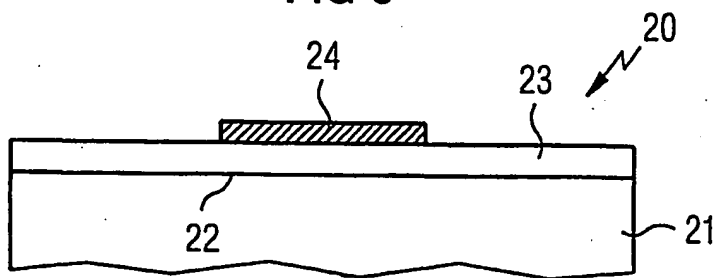


FIG 7

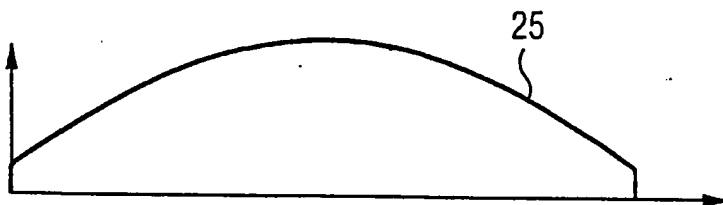


FIG 8

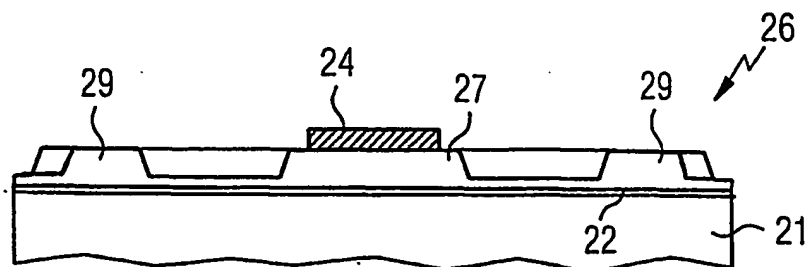


FIG 9

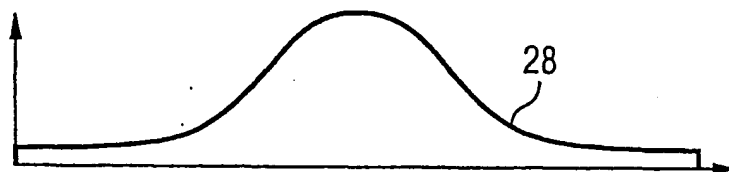


FIG 10

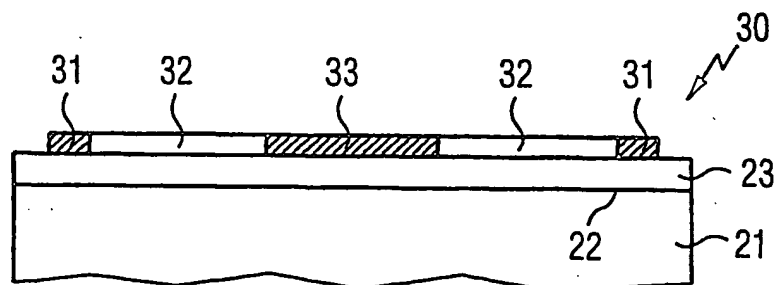
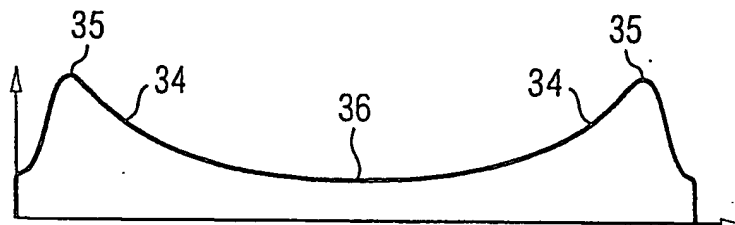
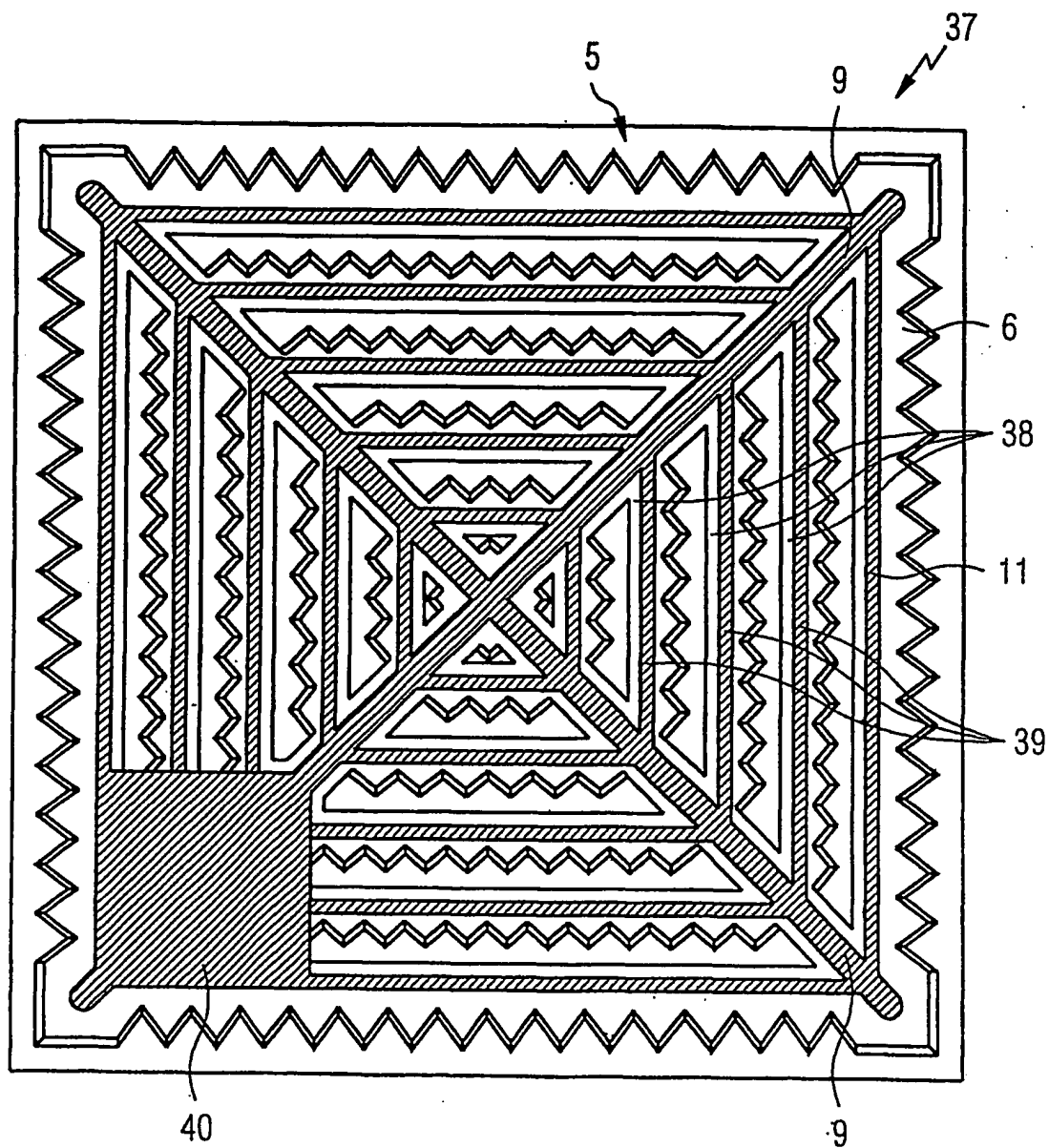


FIG 11



6/6

FIG 12



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE 01/04264

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 7 H01L33/00		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 H01L		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, PAJ		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016, no. 336 (E-1237), 21 July 1992 (1992-07-21) -& JP 04 100277 A (TOSHIBA CORP), 2 April 1992 (1992-04-02) abstract; figures 1,16	1-4,7, 11-14
Y	DE 42 18 806 A (TELEFUNKEN MICROELECTRON) 9 December 1993 (1993-12-09) the whole document	1-4,7, 11-14
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 08, 30 August 1996 (1996-08-30) -& JP 08 111544 A (SHARP CORP), 30 April 1996 (1996-04-30) paragraphs '0014!', '0033!; figures 5,18 --- -/--	1-4,11
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.		
<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents : *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art *Z* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 22 March 2002		Date of mailing of the international search report 03/04/2002
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016		Authorized officer van der Linden, J.E.



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE 01/04264

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 197 09 228 A (HEWLETT PACKARD CO) 25 September 1997 (1997-09-25) the whole document	1-4
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 141 (E-406), 24 May 1986 (1986-05-24) & JP 61 005585 A (ROHM KK), 11 January 1986 (1986-01-11) abstract	1,11-14
A	US 5 744 828 A (NISHITANI K ET AL) 28 April 1998 (1998-04-28) the whole document	1,11-13
A	DE 195 17 697 A (TELEFUNKEN MICROELECTRON) 14 November 1996 (1996-11-14) the whole document	1,12,13
A	US 5 753 940 A (KOMOTO S) 19 May 1998 (1998-05-19) the whole document	1,7
P,X	WO 01 61765 A (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS) 23 August 2001 (2001-08-23) page 13 -page 15, line 30	1,2,11, 14

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
information on patent family members

International Application No  
**PCT/DE 01/04264**

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 04100277	A	02-04-1992	NONE	
DE 4218806	A	09-12-1993	DE 4218806 A1	09-12-1993
JP 08111544	A	30-04-1996	JP 3027095 B2	27-03-2000
DE 19709228	A	25-09-1997	US 5779924 A	14-07-1998
			DE 19709228 A1	25-09-1997
			GB 2311413 A , B	24-09-1997
			JP 10004209 A	06-01-1998
			SG 54385 A1	16-11-1998
JP 61005585	A	11-01-1986	JP 1820413 C	27-01-1994
			JP 5031317 B	12-05-1993
US 5744828	A	28-04-1998	JP 9036431 A	07-02-1997
DE 19517697	A	14-11-1996	DE 19517697 A1	14-11-1996
			JP 8316525 A	29-11-1996
			US 5698865 A	16-12-1997
US 5753940	A	19-05-1998	JP 3241976 B2	25-12-2001
			JP 9116189 A	02-05-1997
WO 0161765	A	23-08-2001	DE 10006738 A1	13-09-2001
			AU 2504501 A	27-08-2001
			AU 3918201 A	27-08-2001
			WO 0161764 A1	23-08-2001
			WO 0161765 A1	23-08-2001
			WO 0191194 A1	29-11-2001
			DE 10107472 A1	06-12-2001
			DE 20111659 U1	13-12-2001

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/DE 01/04264A. KLASSTIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H01L33/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016, no. 336 (E-1237), 21. Juli 1992 (1992-07-21) -& JP 04 100277 A (TOSHIBA CORP), 2. April 1992 (1992-04-02) Zusammenfassung; Abbildungen 1,16	1-4,7, 11-14
Y	DE 42 18 806 A (TELEFUNKEN MICROELECTRON) 9. Dezember 1993 (1993-12-09) das ganze Dokument	1-4,7, 11-14
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 08, 30. August 1996 (1996-08-30) -& JP 08 111544 A (SHARP CORP), 30. April 1996 (1996-04-30) Absätze '0014!', '0033!'; Abbildungen 5,16 --- -/-	1-4,11



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Δ\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

22. März 2002

Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts

03/04/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

van der Linden, J.E.

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inte...anals Akkonzeichen

PCT/DE 01/04264

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 197 09 228 A (HEWLETT PACKARD CO) 25. September 1997 (1997-09-25) das ganze Dokument	1-4
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 141 (E-406), 24. Mai 1986 (1986-05-24) & JP 61 005585 A (ROHM KK), 11. Januar 1986 (1986-01-11) Zusammenfassung	1,11-14
A	US 5 744 828 A (NISHITANI K ET AL) 28. April 1998 (1998-04-28) das ganze Dokument	1,11-13
A	DE 195 17 697 A (TELEFUNKEN MICROELECTRON) 14. November 1996 (1996-11-14) das ganze Dokument	1,12,13
A	US 5 753 940 A (KOMOTO S) 19. Mai 1998 (1998-05-19) das ganze Dokument	1,7
P,X	WO 01 61765 A (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS) 23. August 2001 (2001-08-23) Seite 13 -Seite 15, Zeile 30	1,2,11, 14

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/04264

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 04100277 A	02-04-1992	KEINE	
DE 4218806 A	09-12-1993	DE 4218806 A1	09-12-1993
JP 08111544 A	30-04-1996	JP 3027095 B2	27-03-2000
DE 19709228 A	25-09-1997	US 5779924 A	14-07-1998
		DE 19709228 A1	25-09-1997
		GB 2311413 A , B	24-09-1997
		JP 10004209 A	06-01-1998
		SG 54385 A1	16-11-1998
JP 61005585 A	11-01-1986	JP 1820413 C	27-01-1994
		JP 5031317 B	12-05-1993
US 5744828 A	28-04-1998	JP 9036431 A	07-02-1997
DE 19517697 A	14-11-1996	DE 19517697 A1	14-11-1996
		JP 8316525 A	29-11-1996
		US 5698865 A	16-12-1997
US 5753940 A	19-05-1998	JP 3241976 B2	25-12-2001
		JP 9116189 A	02-05-1997
WO 0161765 A	23-08-2001	DE 10006738 A1	13-09-2001
		AU 2504501 A	27-08-2001
		AU 3918201 A	27-08-2001
		WO 0161764 A1	23-08-2001
		WO 0161765 A1	23-08-2001
		WO 0191194 A1	29-11-2001
		DE 10107472 A1	06-12-2001
		DE 20111659 U1	13-12-2001